

# シリコンエピタキシャル層の汚染現象について

## On SiC Contamination of Silicon Epitaxial Wafers

佐藤 健 蔵\*  
Kenzô Satô

### 内 容 梗 概

おもにメサ形トランジスタを作る際にその基盤結晶として用いるシリコンエピタキシャル層は、本来高純度のダイヤモンド形格子の高純度の単結晶であることが必要である。

しかし、その結晶成長の際の設備的問題から、このSi原子を置換して不純物原子が混入することがあり、とくに炭素系のガスが反応管内に微量混入する場合、C原子がSi原子を置換して析出し、SiCの結合を形成することがある。これは赤外線反射スペクトルの測定により、 $12.6\mu$ に極大値を持つ残留線が測定されたことにより気づかれ、さらにエッチパターンの観察、また電子線回折像の測定から、cubic  $\beta$ 形のSiC (Zinc blendeの結晶形) が形成されていることが帰結された。また、このような汚染現象は炭素系統の物質を反応炉内から除去することにより、完全に除去できることがわかった。

### 1. 緒 言

半導体素子工業においておもにメサ形トランジスタを作る際にその基盤結晶として利用しているシリコン、またゲルマニウムなどのエピタキシャル層(以下、EP層と略記する。)は、ダイヤモンド形結晶格子を持つ基盤結晶と本質的に同じ結晶形の高純度の単結晶であることが必要である。そしてまた、通常気相析出法により形成されるエピタキシャル層については、そのような高純度の単結晶であることが想定されている。しかし、実際のEP層の形成過程においては、各種の技術的問題のため析出して形成される結晶の構造やその純度などは必ずしも完全なものとはいえない場合がある。特に、SiEP層において、Si原子以外の他種の原子が結晶格子点に置換してはいい、不純物原子、あるいは不純物化合物を含んだEP層が形成される場合があることが最近気づかれている。

ここでは、SiEP層において、その層の析出形成する際に、反応炉心管内に微量の炭素系のガスが混入する場合、Si原子によるダイヤモンド形結晶格子点に炭素原子Cが置換してはいい、そのためSi-Cの結合を作り、Zinc-blende形の結晶格子を作る場合があることが明確になった。このような場合、シリコンカーバイドSiC(cubic  $\beta$ 形)がSiEP層を汚染している現象といえる。

このような汚染現象は、まずSiEP層の赤外線反射スペクトルの測定により、 $12.6\mu$ に反射率極大値を持つSiC特有(cubic  $\beta$ 形)の残留線(residual line)が測定されたことにより発見され、次いで銅エッチ液による表面腐食法によりEP層上に、cubic  $\beta$ 形のSiCに特有の同心円形の年輪状のエッチパターンが見出され確認された。さらに、EPウエハの表面および裏面を試料とした微小入射角法による電子線回折像から、表面のEP層はダイヤモンド形類似の結晶格子をなし、裏面には多結晶性のSiCが形成されていることが帰結された。

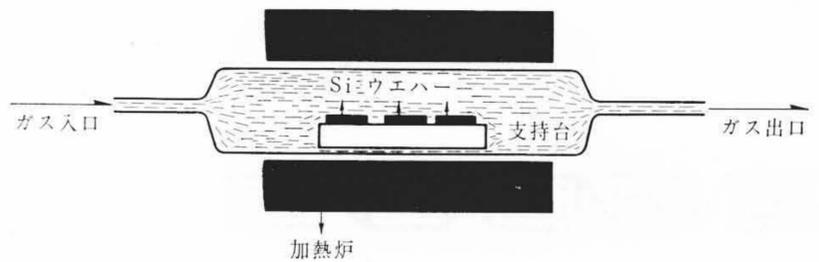
またこのようなSiC結合が、EP層の中に形成される場合、これを用いて作るメサ形トランジスタの電気的特性は著しい劣化現象をとまうのが、このような汚染現象の除去によりその特性は改善されることがわかった。

### 2. 測定実験とその検討

#### 2.1 SiEP層の製造条件

気相析出法によるEP層の作り方はよく知られており<sup>(1)(2)</sup>、最近工業的にも広く利用されている。シリコン単結晶によるEP層を

\* 日立製作所武蔵工場



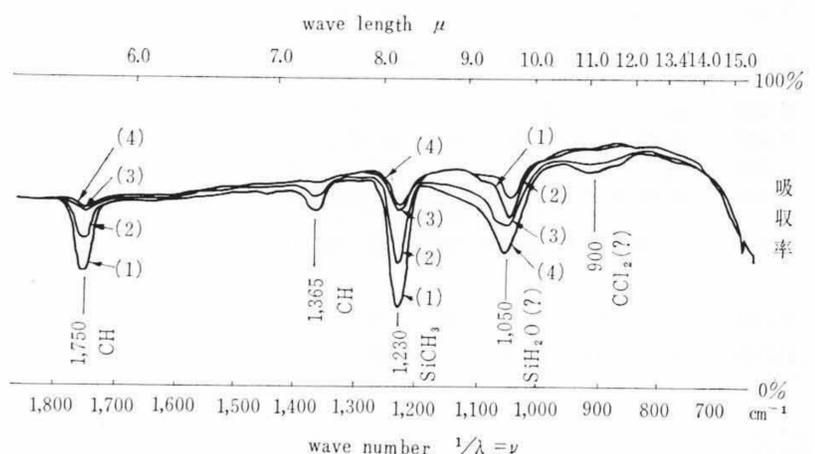
第1図 エピタキシャル層を析出し形成する反応管の概念図

作る場合は、 $\text{SiCl}_4$ のガスを $\text{H}_2$ ガスとともに開管中をゆるやかに流通させ、 $1,270^\circ\text{C}$ 程度の高温に加熱すると、 $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 = \text{Si} + 4\text{HCl}$ の還元反応がこの高温炉のなかで行なわれ、これにより分解したSi原子が、あらかじめ炉内に配置されたシリコン単結晶のWaferの上に、析出して層を形成してゆく。この際、順次重畳してゆくSi単結晶層は基盤結晶の上面に露出した(111)面と結晶格子の配列は同じで、ダイヤモンド形の格子点、そのまま連続して形成されてゆく。この際、基盤結晶(以下substrateと記す)の比抵抗は、EP層の析出には直接影響せず、むしろ、その形状や保温のための保持台が成長するEP層の特性に大きい影響を与える。通常この保持台としては、グラハイト、またはシリコン系の結晶を加工したものが用いられ、外部からの高周波加熱による熱の発生とその保温をよくするための工夫がされている。

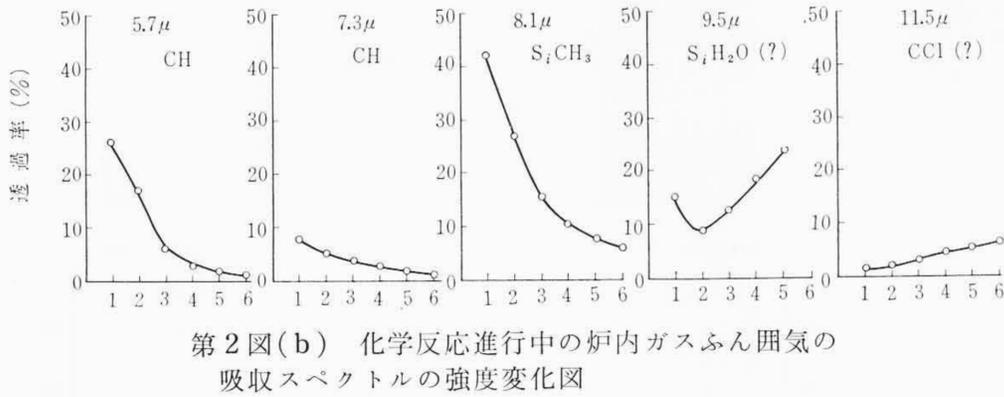
SiEP層を形成させるサイクルの反応は通常、

- ① 試料の炉内への配置
- ② 水素ガスの流通
- ③ 加熱
- ④  $\text{SiCl}_4$ ガスの流通と還元作用の進行
- ⑤  $\text{SiCl}_4$ の流通の中止
- ⑥ 冷却

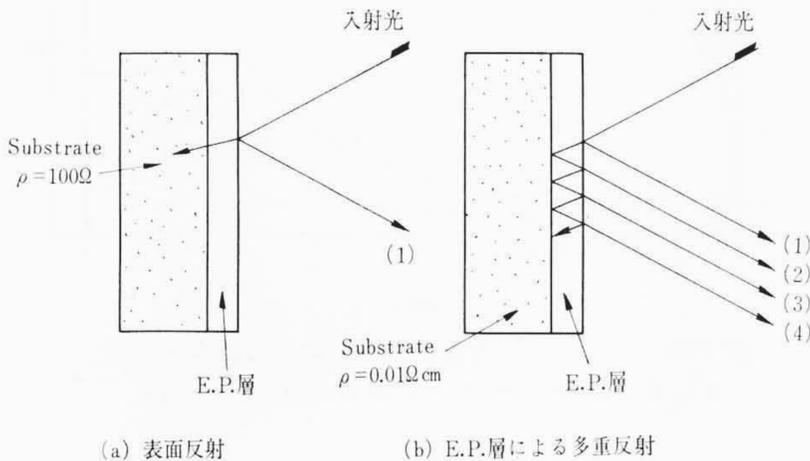
この際、所定の厚さと、ほぼ一定の比抵抗のEP層を作るために



第2図(a) 気相化学反応進行中の炉内ふん囲気の赤外線吸収スペクトルの測定例(日立赤外分光光度計EPI-2による)



第2図(b) 化学反応進行中の炉内ガスふん囲気の吸収スペクトルの強度変化図



(a) 表面反射 (b) E.P.層による多重反射

第3図 入射光のEP層による表面反射とEP層による多重反射

は、 $\text{SiCl}_4$  の流量と反応温度、また、その反応時間を適正に保つこと、さらに、dope 剤としての P 原子の濃度をコントロールすることが必要である

このような気相中での化学反応進行に伴う炉内ガスの成分は、スケジュールの進行とともに次第に変化する。

この反応の進行中の炉内ガスを順次採集し、その赤外線吸収スペクトルを自記記録すると、第2図(a)のようになる。この気相反応中測定される吸収線の強度は次第に変化し、第2図(b)に示すような様相を呈する。

## 2.2 赤外分光光度計によるEP層の測定

このようにして形成されたEP層に赤外線を照射し、その反射スペクトルを測定すると substrate の比抵抗が低い場合、(As の不純物濃度  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$   $\rho=0.001 \Omega$  程度 N type) このEP層内における赤外線の多重反射により干渉現象が発生し、これが数  $\mu$  以上の長波長領域に波数単位で等間隔に干渉しまが記録されることはよく知られており、これは、またEP層の厚みを測定する方法として利用されている<sup>(3)(4)</sup>。これは、砒素の high-dope の substrate が赤外線に不透明であるため、この substrate で入射赤外線が反射し、これと表面反射の成分とが干渉の条件を満たすため発生するものである。

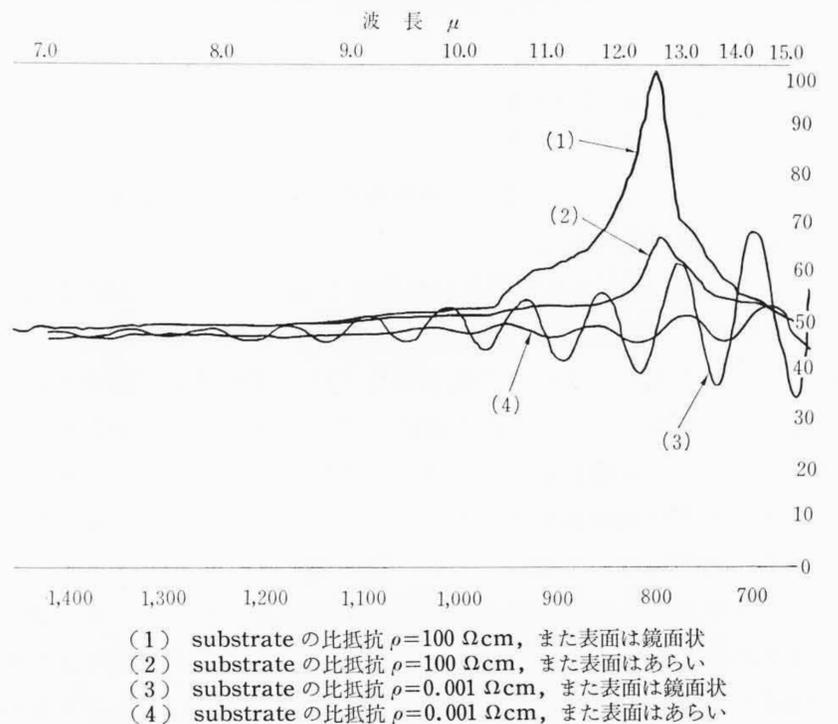
しかし、ここではEP層自体の反射スペクトルを調べるため、基盤結晶の不純物濃度を低くし、EP層と同程度、またはそれ以下にして赤外線に透明の試料を作り、これの表面層での赤外線反射スペクトルを測定すると、特異な反射スペクトルが測定される場合がある。

ここで、第4図の反射スペクトルを見ると(3)、(4)の通常のEP層については、数  $\mu$  以上の長波長領域に干渉しまが発生している。この干渉しまの強度、 $I_i = I_{i\max} - I_{i\min}$  は、 $I_i = I_0 e^{-CN_i}$  と示され、干渉次数  $N_i$  とともに指数関数的に減衰する。また干渉しまの波数単位の間隔は  $\Delta\nu = 1/2nT$  で示される。ここで  $n$  は Si の屈折率 ( $n=3.42$ )、 $T$  は EP 層の厚みである<sup>(4)</sup>。

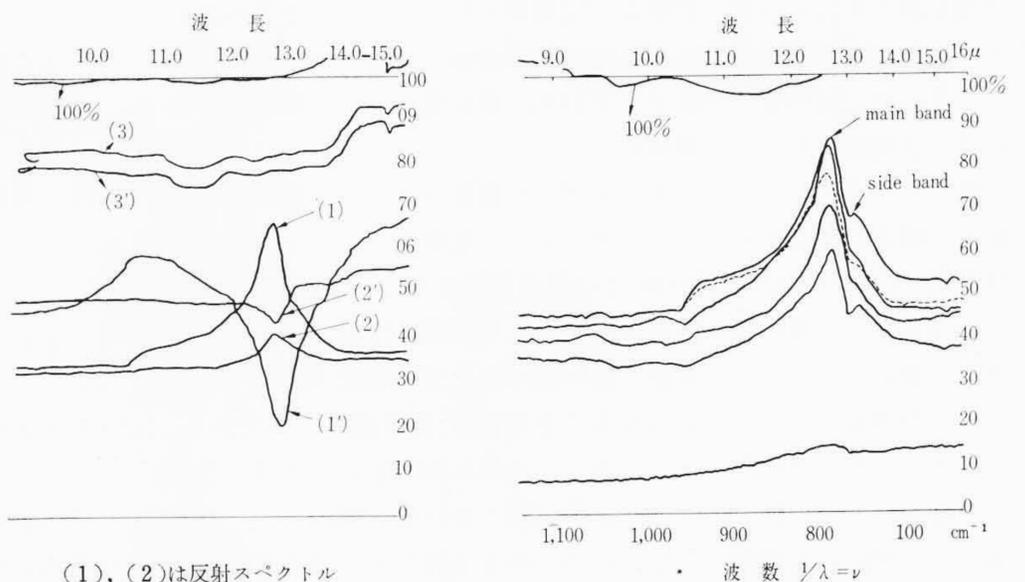
次いで、(1)、(2)を見ると、 $12.6 \mu$  に極大値を持つかなり幅の広い反射スペクトルが現われている。これは、結晶形が cubic  $\beta$  形のシリコンカーバイド SiC の基本格子振動 (fundamental lattice vibration) による残留線 (residual line) で、これについては、Spitzer により古典分散理論により取り扱われ、分散解析定数を決めて計算した値と、その反射率曲線が、ほぼ一致している<sup>(5)</sup>。また、この残留線は  $13.2 \mu$  の長波長側に側帯 (side band) が測定されることがあり、その反射強度は 0~5% 程度で変化している。これは EP 層中に含有されるほかの種類の不純物原子の濃度差によるものと見られる。この光学活性の双極振動子は、その振動数が、それぞれ  $\nu_1 = 2.38 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$  ( $12.6 \mu$ )、 $\nu_2 = 2.27 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$  ( $13.2 \mu$ ) である。

さらにまた、このEP層の形成されているウェハの反射および吸収スペクトルを同一の試料につき示すと、第5図(a)のとおりで、反射率極大の残留線と、吸収率極大の吸収線が全く一致し、ともに  $12.6 \mu$  に見られる。この際のスペクトルの強度は、赤外線ビームの試料ウェハへの入射の方向が表側からか、裏側からかの違いにより異なり、EP層側から入射した場合が、反射、吸収ともにその強度が大きい。これはEP層表面による  $12.6 \mu$  の反射がかなり効果的に強いことによるものである。

一般に、空気と接触する層での反射率は、垂直入射の場合、



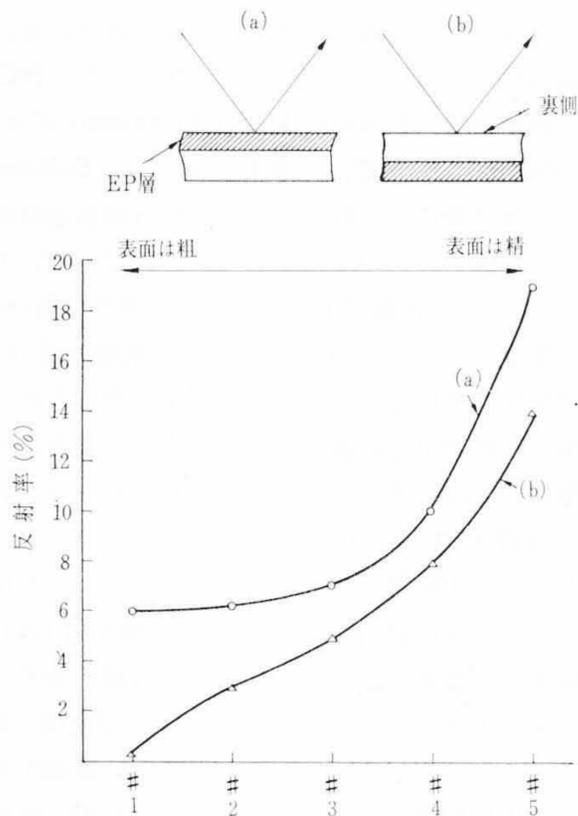
第4図 EP ウェハによる残留線と干渉のスペクトラム



(1), (2)は反射スペクトル (1'), (2')は吸収スペクトル (1), (1')は表面より入射 (2), (2')は裏面より入射

第5図(a) EP ウェハの赤外線反射および吸収スペクトル

第5図(b)  $12.6 \mu$  の main band と  $13.2 \mu$  の side band の測定例



第6図 EP ウエハーの表面の“あらし”と 12.6 μ の残留線の強度の関係、五つの試料は一緒に同じ反応炉の中で作られた。またそれらの substrate の表面は4段階にエッチされた。#1, #2, #3, #4, #5はそれぞれ、4分, 2分, 1分, 0.5分, 0分ずつエッチされたもの

$$R = \frac{(n-1)^2 + K^2}{(n+1)^2 + K^2} \dots\dots\dots (1)$$

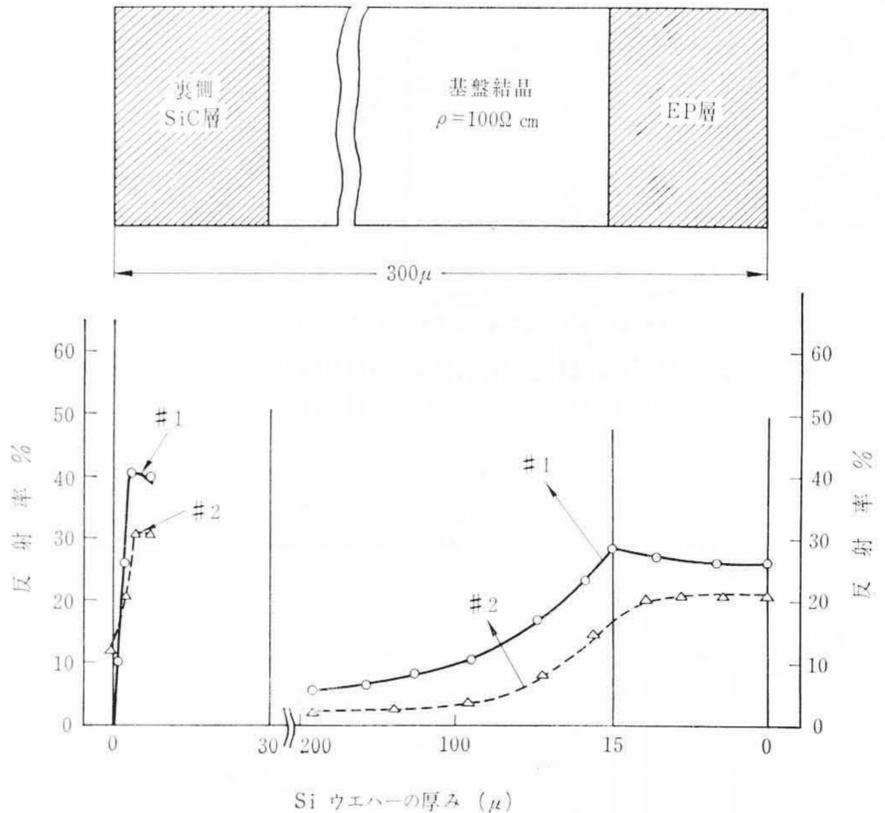
で示される。ここで  $n$  は、その物質の屈折率、また  $K$  は、表面反射の際の消衰係数である。

ここで、EP 層による表面反射の場合を見ると、 $n$  は 3.42 でほぼ一定、 $K$  は、EP 層表面の“あらし”により変化する。通常、EP 層の表面のあらし、またその粒状性などは、EP 層を析出する前の基盤結晶の表面エッチングの程度により変化する事が知られており、したがって基盤結晶のエッチングの程度を変えて、その後同一の条件で EP 層の析出を行ない、それらの反射スペクトルの強度を表裏の両面についてしらべると、第6図のようになる。

これより明らかなように残留線の反射率強度とエッチングにより形成される基盤結晶の表面の“あらし”との間にはきわめてよい相関関係がみられる。この関係は表裏ともであり、このことより基盤結晶の表裏のあらしの精粗の程度がそのまま EP 層の表面の精粗の状態を形づくっていて、残留線の反射率に関係していることがわかる。これは、EP 層の表面が基盤結晶の表面の状態のままのレプリカになっていることを示しており、析出現象により形成される結晶の成長機構の上から興味深い。

続いて、EP ウエハーの表裏両面より検出される SiC の存在する場所を明確にするため試料とするウエハーを酸性エッチング用溶液 (HF:1, HNO<sub>3</sub>:6, CH<sub>3</sub>COOH:2 の混合液) に浸して結晶を表面より 2~3 μ ずつ次第に削り取り順次露出する表面の反射スペクトルの強度を測定し、12.6 μ の反射率極大値の変化する状況をしらべた。これらの測定における残留線強度の分布図は、第7図のようである。

このエッチングの際、EP 層側は、次第に削り取られて薄くなるが、裏側には SiC 特有の灰色、また緑色の堅い層が露出し、これはエッチングによる腐食が行なわれずそのまま残るものである。第6図に示された検量線としての 12.6 μ の残留線の反射率強度の状態を示す線、 $R(x)$  を見ると、EP 層については、初期の表面での反射率強度がそのまま 15 μ 程度の EP 層内でも保たれており、これはほぼ均一に SiC が含有されていることを示している。



第7図 ウエハーの内部における残留線の強度分布、#1, #2は Sample 1 および 2 の強度分布曲線

また、裏面についての反射率強度の測定値を見ると、表面反射は 5% 程度で弱い、薄く表面がエッチされると、急激に高い反射率を示し、EP 層表面の反射率強度をこえる程度に達する。この裏面付着の SiC は、EP 層中に析出する Zinc-blende 形の SiC とは異なり、他種の構造の物であるとみられる。ついで EP 層側から入射する赤外線による単結晶薄片による干渉現象を利用して<sup>(7)</sup>、この裏面に層をなす堅い灰色または緑色の SiC の厚みを測定すると、いずれの試料についても、ほぼ 30~40 μ 程度であることがわかった。したがって、これは Si ウエハーの支持台としてのグラハイトと Si 結晶が直接反応して形成された SiC であると考えられる。

Lorentz の古典分散理論によると、一つの反射率最大を示す残留線が発生する異常分散があるとき、その反射率強度は次のように示されている。

すなわち、(1) 式で示される反射率の式において、屈折率  $n$ 、また、消衰係数  $K$  は、次のように与えられる。

$$n^2 = \frac{1}{2} \{ [\epsilon^2 + 4(\sigma/\nu)^2] + \epsilon \} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$K^2 = \frac{1}{2} \{ [\epsilon^2 + 4(\sigma/\nu)^2] - \epsilon \} \dots\dots\dots (2-2)$$

ここで、 $\epsilon = \epsilon_0 + 4\pi\chi$  であり、 $\epsilon_0$  は高周波での誘電率、 $\chi$  は帯磁率を示す。

また、帯磁率 (susceptibility)  $\chi$  と、伝導度 (conductivity)  $\sigma$  とは、残留線の極大値を示す共鳴周波数  $\nu_0$  の近傍で、

$$\chi = \rho \frac{1 - \nu^2}{(1 - \nu^2)^2 + \gamma^2 \nu^2} \dots\dots\dots (3-1)$$

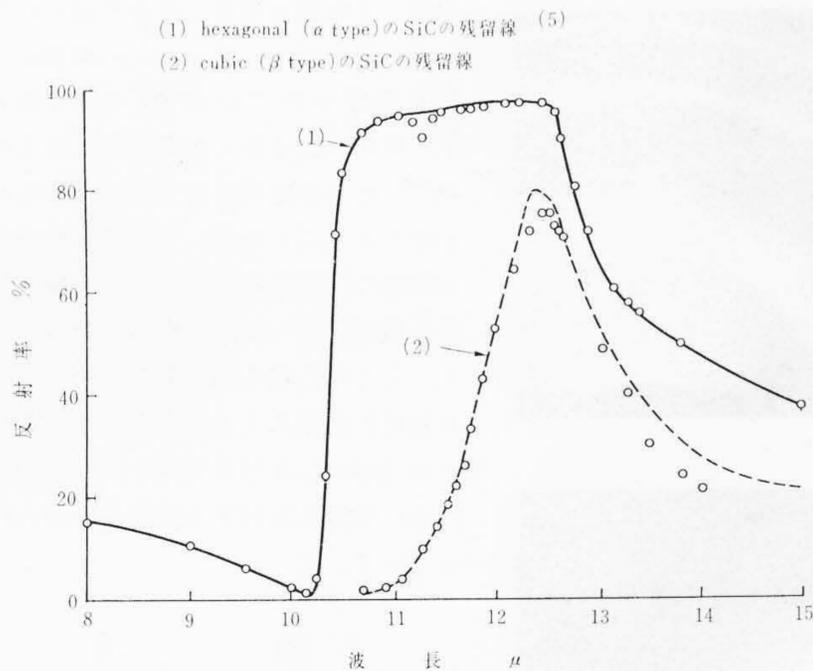
$$\text{また、} \frac{\sigma}{\nu} = 2\pi\rho \frac{\gamma \cdot \nu}{(1 - \nu^2)^2 + \gamma^2 \nu^2} \dots\dots\dots (3-2)$$

と示される。

ここで、 $\nu$  は測定された点の周波数  $\nu_{arbi}$  を、 $\nu_0$  で割った  $\nu = \nu_{arbi}/\nu_0$  で示される normalize された値である。同様に、 $\sigma$  はまた  $\sigma = \sigma_{arbi}/\nu_0$  で示される伝導率である。

さらに、 $\gamma$  は共鳴の幅 (width of resonance)、 $\rho$  は共鳴の強さ、(width of resonance) である。

Lorentz の分散理論によると、共鳴の強さ  $\rho$  は、



(1)はhexagonal SiC, (2)はcubic SiCのプロファイル  
 各点は実測値,線は分散解析による計算値(G.P.Spitzerらによる)

第8図 SiCの残留線の反射率曲線を示す図

$$\rho = \frac{Ne^{*2}}{4\pi^2 m^* \nu_0^2} \dots \dots \dots (4)$$

で示される。

$N$ は、残留線の起因となるSiCのイオン結合の密度、 $e^*$ は、イオン結合の有効荷電量で $e^* = e \times 0.94$ と与えられている。 $e$ は電子の荷電量で $e = 4.8 \times 10^{-10}$  e. s. u.,  $m^*$ は、SiCイオン対の有効質量で、 $m^* = 1.396 \times 10^{-23}$  gと得られている。

Spitzerが行なった、cubic  $\beta$ 形のSiCの残留線のプロファイルについての分散解析 (dispersion analysis) によると<sup>(5)</sup>

$$\left. \begin{aligned} \rho &= 0.263 \\ \gamma &= 0.0107 \\ \nu_0 &= 2.380 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} \text{ (12.6 } \mu) \\ \epsilon &= 6.7 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

の諸数値が得られ、反射率曲線の形状が計算値とよい一致を示している。その例を第8図に示す。

また、残留線の反射率極大値  $R_{\max}$  は、

$$R_{\max} \approx 1 - \left( \frac{\gamma}{\pi \rho} \right) \dots \dots \dots (6)$$

で示され、この(6)式と、(4)式より、

$$N = \frac{4\pi \cdot m^* \cdot \nu_0^2}{e^{*2}} \frac{\gamma}{1 - R_{\max}} \dots \dots \dots (7)$$

として、残留線の反射率強度、 $R_{\max}$ と、その残留線の起因をなすイオン対の密度、 $N$ との関係が与えられる。

これより見て、残留線の反射率強度がきわめて大きい場合、SiCのイオン対の密度は $10^{23}/\text{cm}^3$ 程度であり、これは2けたの数値で示される含有率を持つことになる。しかし、実際のSiCによる汚染のあるEP層の示す $12.6 \mu$ の残留線の反射率強度は50%程度あるいはそれ以下であることが多いので、SiCの含有率はこれ以下であると推定される。

### 2.3 エッチパターンの観察

EP層を形成する際に用いるウェハーの支持台をグラハイトのブロックとして、その上でEP層の析出を行なった試料を弱い酸性の銅エッチ液(HF:30cc, HNO<sub>3</sub>:15cc, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>:1.1g, Br:0.1cc, H<sub>2</sub>O:450cc)の混液に4時間浸

し、表面を2~3  $\mu$ 腐食して削り、その表面に銅が付着するが、これを薄い硝酸で除去し露出した面を観察した。

このような試料の表面を見ると、各種の興味あるエッチパターンが現われており、それはきわめて微小なものから、肉眼で直視できる程度の大きさのものもある。その拡大写真の例を第9図に示す。

これらは、明らかに基本的に二種類のエッチパターンより構成されている。その一つは、ほぼ同心円的に幾重にも年輪状に取りまくもので、その形状は必ずしも円形ではなくだ円状のものが多い。これらのパターンの中心核をなす台状の平坦部は小さいものでは直径が、0.1 mm程度で、これらは一重、あるいは二三重の年輪状のしまに取り巻かれている。大きいものは中心部が、直径1 mm程度あり、それを取り巻くしまも10~20条に及んでいる。これらの年輪状のしま模様はほとんど平行に走っており、その幅は一条につき、ほぼ20  $\mu$ 程度である。

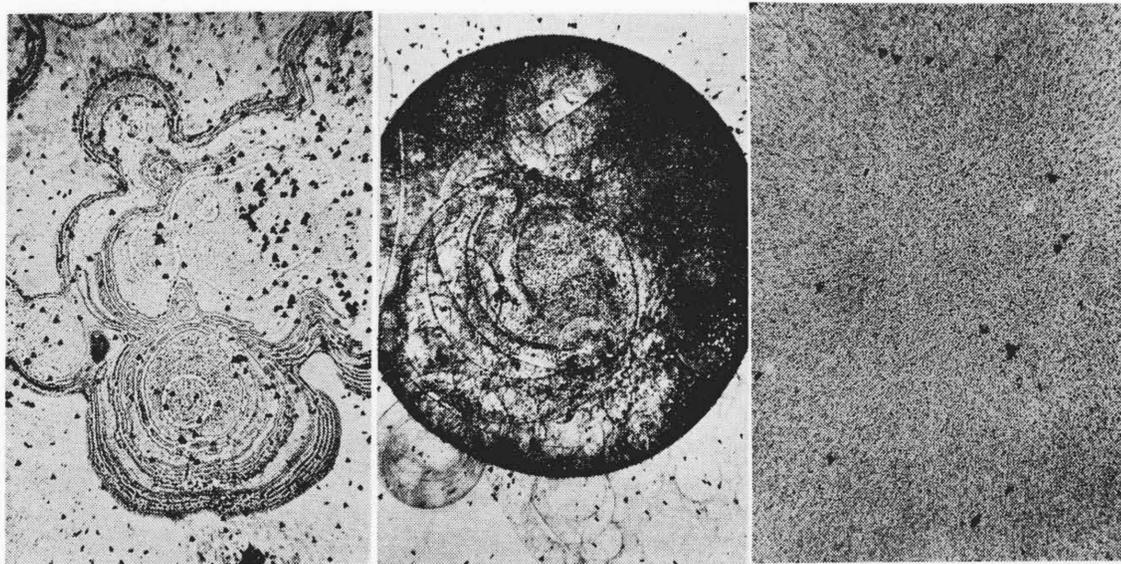
これらは、EP層の析出の際に形成されるscrew dislocationまたは成長曲線とみられる。その例は、第9図(a)に示す。次に他種のパターンは(b)に示すようなもので、その外形は、いずれもほとんど完全円形に近く、その輪郭はきわめて鮮明に出ているのが特徴的である。その大きさは、大小さまざまであり、その数は直径20 mm程度の一枚のウェハーの上に30以上数えられるものもある。しかし、この円形パターンは同心円形的に重なった形状の物ではなく、直径の異なる円形がいずれも非同心円的に重畳しているものが多い。これらは表面エッチング進行の際、ウェハー表面に付着する気泡(きほう)が原因となるエッチみぞで、この気泡は、ウェハー結晶の内部から発生するガスであると考えられる。

しかし、EP層析出の際炭素系ガスの汚染のない場合には同様のエッチングを行なってもこのようなエッチパターンは全く見られず、きわめて平坦な面に、通常見られる三角ピットが $10^3/\text{cm}^2$ 程度あるいはそれ以下見られるのみである。

シリコンカーバイト、SiC、のエッチパターンは、インドのVerma<sup>(8)</sup>、またMerz<sup>(9)</sup>らにより各種の結晶形のものについてしらべられ、その詳細が知られている。これによると、hexagonalのSiC( $\alpha$  type)は六角形状のパターンで、その核をなす中心部は渦を巻いている。またcubicのSiC( $\beta$  type)は同じ円形のもので中心核は台状をなすパターンであり、それは、ここで観察されたパターンとほぼ完全に一致している。

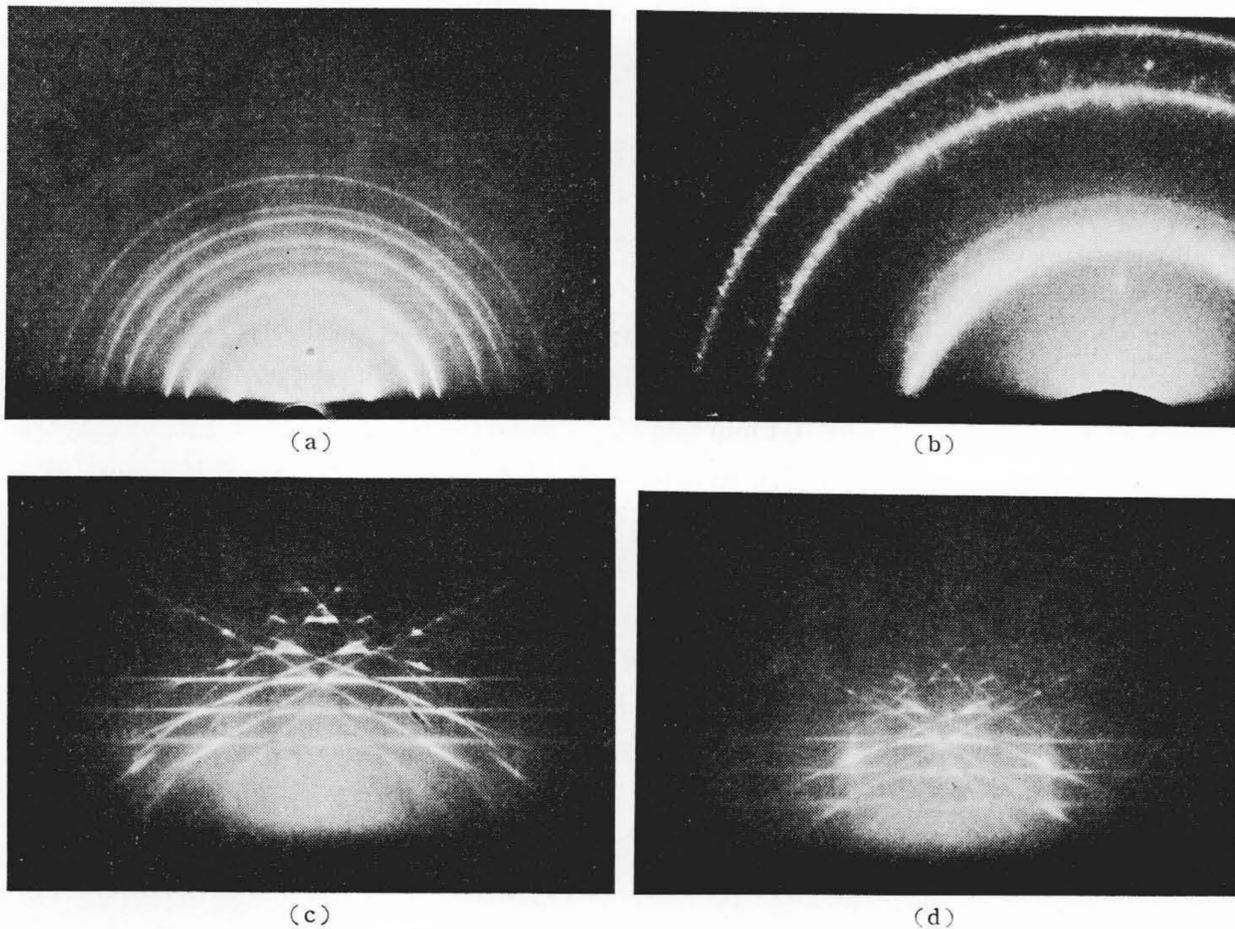
### 2.4 電子線回折像について

SiEP層を折出し形成させたウェハーで表側および裏側ともに、SiCによる汚染の著しい試料について、これらの表面層を試料面と



(a) SiC汚染のあるEP層(台状の核を中心に年輪状模様)  
 (b) SiC汚染のあるEP層(完全円形のエッチパターン)  
 (c) SiC汚染のないEP層(三角ピット密度は $10^3/\text{cm}^2$ 程度かあるいはそれ以下)

第9図 シリコンエピタキシャル層のエッチパターン



(a) ウエハー裏面の電子線回折像。回折輪が見られ、多結晶層の試料であることを示す。  
 (b) 高分解能電子線回折像。第4, 6, 7の輪に複屈折効果による微細構造が見られる。  
 (c) SiC汚染のあるEPウエハー表面の電子線回折像(像がきわめて鮮明である)。  
 (d) 高純度単結晶Siの(111)面による電子線回折像((c)の像とほとんど一致している)。

第10図 SiC汚染のあるEPウエハーの電子線回折像

して電子線回折像の測定を行なった。

ここで得られたのは、微小入射角法(入射角 $\theta \approx 3$ 度)による表面回折像で、それらを、第10図(a)(b)(c)(d)に示す。ここで(a)は灰色の堅い層が形成されている裏側の回折像、(b)は同一試料の高分解能回折像である。また、(c)はSiC汚染の著しいEP層の回折像を示す。さらに(d)は比較のために高純度Si単結晶の(111)面の回折像を示す。

これらより明らかなように、SiCによる汚染のあるEP層の回折像は高純度Si単結晶による像とほとんど同じであり、ダイヤモンド形結晶格子特有の像である。

このことは、SiC汚染による層の結晶形が、基本的にダイヤモンド形の結晶格子またはそれとわけて類似した結晶形であることを示している。それは、EP層が順次、析出して形成される過程で、Si原子の格子点にC原子が置換してはいる、SiCの結合を作り、これが交互に連なって結晶を作る。いわゆるzinc-blende形のSiCを含有した汚染層が形成されていることを示していると思われる。

Si-Si結合によるダイヤモンド形結晶格子は、その原子間距離が $d_{111}=3.14 \text{ \AA}$ ,  $d_{220}=1.92 \text{ \AA}$ ,  $d_{311}=1.64 \text{ \AA}$ であり、また、cubic  $\beta$ 形のSiCの単結晶中のSi-C結合の原子間距離は $d_{111}=2.51 \text{ \AA}$ ,  $d_{220}=1.54 \text{ \AA}$ ,  $d_{311}=1.31 \text{ \AA}$ で<sup>(10)</sup>、やや近い格子定数である。また、共有結合に関与する四つの原子価電子のイオン化ポテンシャルはSiの場合、それぞれ8.12, 16.27, 33.35, 44.89 eV、また、炭素の場合11.22, 24.27, 47.65, 64.22 eVでありやや近い値を示している。

これらのことのため、1,300°Cに近い高温の炉内ではEP層の析出途中で炉内のガスふん囲気より炭素原子の供給がある場合、比較的容易に、Si-Siの格子の形成と同時にSi-Cの格子が形成され、これによりzinc-blende形の単結晶が形成されるとみられる。

次に、(a)に示されたウエハーの裏面の回折像を見ると、これはいずれも同心円形の輪像のみで、spot状の回

折像、また菊地線などは全く見られない。このことは、ウエハーの裏側に付着し形成されているSiCの格子配列は、互いに組み込んだ多結晶性のもので、それらの配列は全く規則性のないものであることを示している。また高分解能の回折像を見ると、この輪状の回折像は、さらに微細構造を持っており、とくに、第4, 6, 7の輪の中のこの複屈折効果による微細構造は、それぞれ、放射状、任意の方向を向くもの、同心円形的に配列する微細な線からなっている。

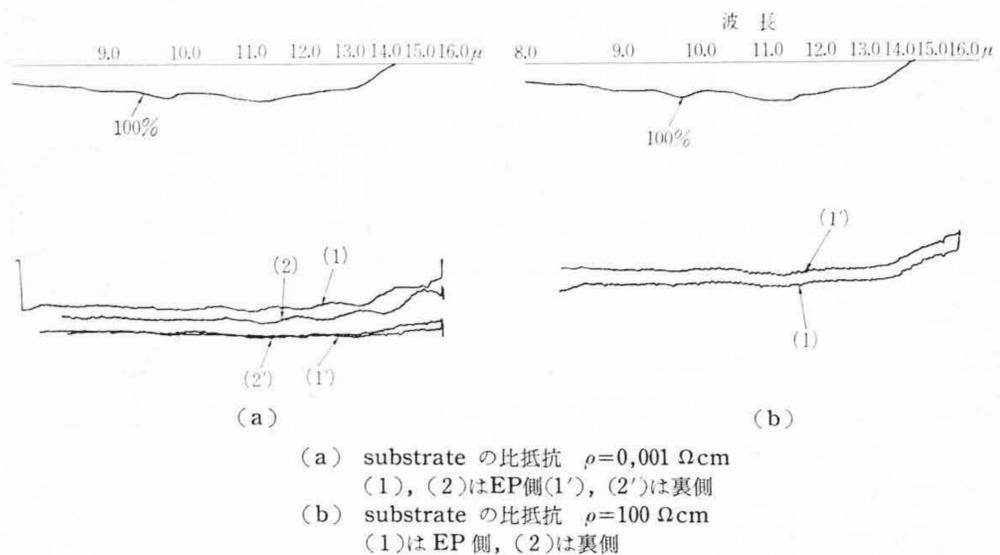
### 3. 結 言

半導体素子工業において、主としてメサ形トランジスタを作る際にその基盤結晶として用いられるSiEP層について、以上に述べたような赤外線反射スペクトルの測定、銅エッチ液による表面腐食法により発生するエッチパターンの観察、またさらに微小入射角法による電子線回折像の測定を行なった。

この結果、

- (1) EP層の析出形成の途中、炉内に炭素系のガス( $\text{CCl}_4, \text{CH}_4, \text{CO}$ など)が微量混入している場合には、このSiウエハーはEP層を形成する際に、その析出層の中にシリコンカーバイドSiCが成形されることがある。
- (2) この際、表面のEP層の中に形成されるSiCはSi単結晶と類似の結晶形のzinc-blende形の結晶で、これは、SiとCの原子が交互に配列された形状のものであり、これがcubic  $\beta$ 形のシリコンカーバイドとなっている。これは多いときには、 $10^{23}/\text{cm}^3$ 個程度、あるいはそれ以下の密度でSiEP層中に含有され、汚染している。
- (3) このようなSiC結合の形成は、Si-Si結合、またSi-C結合の原子間距離が近いこと、またイオン化ポテンシャルの値も近いことから1,300°Cに近い高温中では比較的容易に行なわれるものとみられる。

また、このような種類の汚染現象のない場合の実施例を第11図に示す。これでは、ウエハーの表裏ともにSiCによる12.6 $\mu$ の残留線は全く検知されていない。



第11図 SiC汚染のないEPウエハーの赤外線反射スペクトル

(4) さらに、このようなSiCによる汚染のあるウェハー、およびほとんど汚染のないウェハーを用いて、メサ形トランジスタを作った場合の電気的特性の差異は明確である。とくに、その耐圧特性(コレクタベース間の耐圧 $V_{CB0}$ )の改善は著しく、汚染のある場合はそのほとんどが、50V程度の加電圧でsoftなbreak downを示すのに対し、汚染のない場合は100V程度、あるいはそれ以上のsharpなbreak downの形状を示している。

終わりに本研究を進めるに当たって特に結晶成長論的な問題につき貴重な参考ご意見をいただいた日立製作所武蔵工場設計部長、伴野正美博士、また、種々ご討議をいただいた西村原料課長、また赤外分光光度計による測定実験にあたって終始便宜を図っていただいた菅原主任、ならびに電子線回折写真の製作を担当した江成秀雄君にあつくお礼申し上げる。

## 参 考 文 献

(1) R. P. Ruth, J. C. Marinace, W. C. Dunlap: J. Appl. Phys.,

- 31 995 (1960)  
 (2) A. Mark: J. Electro Chem. Soc., 109, 880 (1961)  
 (3) M. P. Albert and J. F. Combs: J. Electro Chem. Soc., 109, No. 8 (1962)  
 (4) 筆者: 分光研究 Vol. 11, No. 4 (1963)  
 (5) G. P. Spitzer: Phys. Rev., 113, 135 (1959)  
 (6) 島内武彦: 赤外線吸収スペクトル特集 化学の領域 南江堂  
 (7) 筆者: 分光研究 Vol. 10, No. 4 (1962)  
 (8) Ajit Ram Verma: Silicon Carbide p. 203  
 (9) K. M. Merz: Silicon Carbide p. 73.  
 edited by J. R. Oconnor & J. Smiltens (Pergamon Press Inc. New York, 1960)  
 (10) Index to X ray Powder Date file: published by A. S. T. M. (1960)  
 (11) 橋口隆吉: 物性物理学講座 §11 共立出版社 (1958)  
 (12) F. Seitz: The modern theory of solid. Chap. XVII (Mc Graw Hill Book Company 1940)  
 (13) C. L. Schafer und F. Matossi: Das Ultrarote Spectrum (Verlag Von Julius Springer, §34 (1931))



## 特 許 と 新 案

## 最近登録された日立製作所の特許(その3)

(61頁よりつづく)

特許番号	名 称	氏 名	特許登録日	特許番号	名 称	氏 名	特許登録日
311596	大地震信号発生装置	加賀 万亀男	38. 10. 18	410897	平衡型トルクモータ	田川 遼三郎	38. 9. 23
311597	計数率による映像ガンマ補正装置	江口 勇隆	"			沼倉 俊太郎	
311598	時計較正信号発生装置	永谷 良三	"	410898	直流磁場を用いた進行波加速型粒子加速装置	西村 正治	"
311599	車輪磨耗による速度計誤差補正装置	長士 井利丸	"	410899	同期電動機運転装置	武田 康	"
410901	ホイスト用電動機	真油 重良	"	410900	ベータートロンの電子入射装置	齊藤 博之	"
410902	交流モータの回転速度切換標示装置	中滝 上光	38. 9. 26	412431	発電機の自動電圧調整装置	内松 博利	38. 10. 21
410903	交流機自動装置の異常電圧保護装置	右徳 永上	"	413402	差動検出装置	柴田 利孝	38. 11. 9
410904	小型同期電動機の起動装置	池前 和伸	"	413403	半導体光電素子の製法	小野 信之	"
410905	小型同期電動機の起動装置	高大 和夫	"	413404	半導体装置の製法	高本 武三	"
410906	パルス状荷電粒子ビームの発生方式	高大 和夫	"	413405	半屋外式閉鎖型配電盤	中川 卓哲	"
412375	複数個の流体式トルクコンバータの切換運転装置	棟方 忠輔	38. 10. 21	413406	建築用タワークレーン	小丹 秀太郎	"
412379	自動車用トルクコンバータ付変速機の切換装置	関 英彦	"	413407	熱交換器	山崎 武志	"
412382	船用タービン装置	大須 岩雄	"	413408	符号変換方式	丸山 英一	"
412383	外部断路型空気遮断器の操作装置	仲野 善一	"	413409	流体変速機の改良	原田 英彦	"
412384	蒸気プラント復水経路	大貫 康志	"	413410	ヘリックス型遅波回路の製法	関鈴石 智男	"
412385	タービン負荷の変動に対する脱気器降水管圧力調整装置	大貫 康志	"	413411	列車制御装置	古山 義雄	"
412386	車輻自動停止装置	福小 博人	"	413412	自動板厚制御装置	今川 志津郎	"
412387	X線診察装置	和田 正成	"	413413	信号による列車制御装置	西水 一雄	"
412389	負荷開閉器の油面低下防止装置	日向 成英	"	413414	X線速写装置	竹村 志津郎	"
412390	引出型気中遮断器鎖錠装置	小林 秀太郎	"	413415	高周波放電高温発生装置	石塚 達洋	"
412393	脱気装置	舟齊 木昭夫	"	413416	上カッタドラム付きドラムカッタ	菅山 賢	"
412394	復水器	大貫 康志	"	413417	携帯用X線装置	盛武 正	"
412395	シブクレーン用巻き防止装置	木村 純	"	413418	左右転倒型スキップ	青木 勝郎	"
412397	電磁空気式自動直通制動装置	上田 八十次	"	413419	スキップ積込装置	青木 昌勝	"
412399	スキップ積込操作装置	青木 昌勝	"	413420	超高速列車用制動装置	青木 昌勝	"
412400	浮クレーン	大川 昇康	"	413421	粒子線加工機等の覗き窓の汚染防止装置	青木 昌勝	"
412401	空気ブレーキ装置	金盛 賢士	"	413422	超高周波電子管	神田 正一	"
412402	上カッタドラム付きドラムカッタ	盛武 賢士	"			小野村 洋良	
412403	斜坑巻上機のロープ弛緩防止装置	神尾 昌史	"			金子 洋良	
412404	モノレールカー用走り装置	元田 収	"			佐藤 嘉敦	
412405	X線管負荷表示装置	山根 真	"				

(91頁へつづく)